

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-064710

(43)Date of publication of application : 28.02.2002

(51)Int.Cl.

H04N 1/41  
H03M 7/30  
H03M 7/40  
H04N 7/30

(21)Application number : 2001-157380

(71)Applicant : EASTMAN KODAK CO

(22)Date of filing : 25.05.2001

(72)Inventor : JOSHI RAJAN L  
JONES PAUL W

(30)Priority

Priority number : 2000 579689

Priority date : 26.05.2000

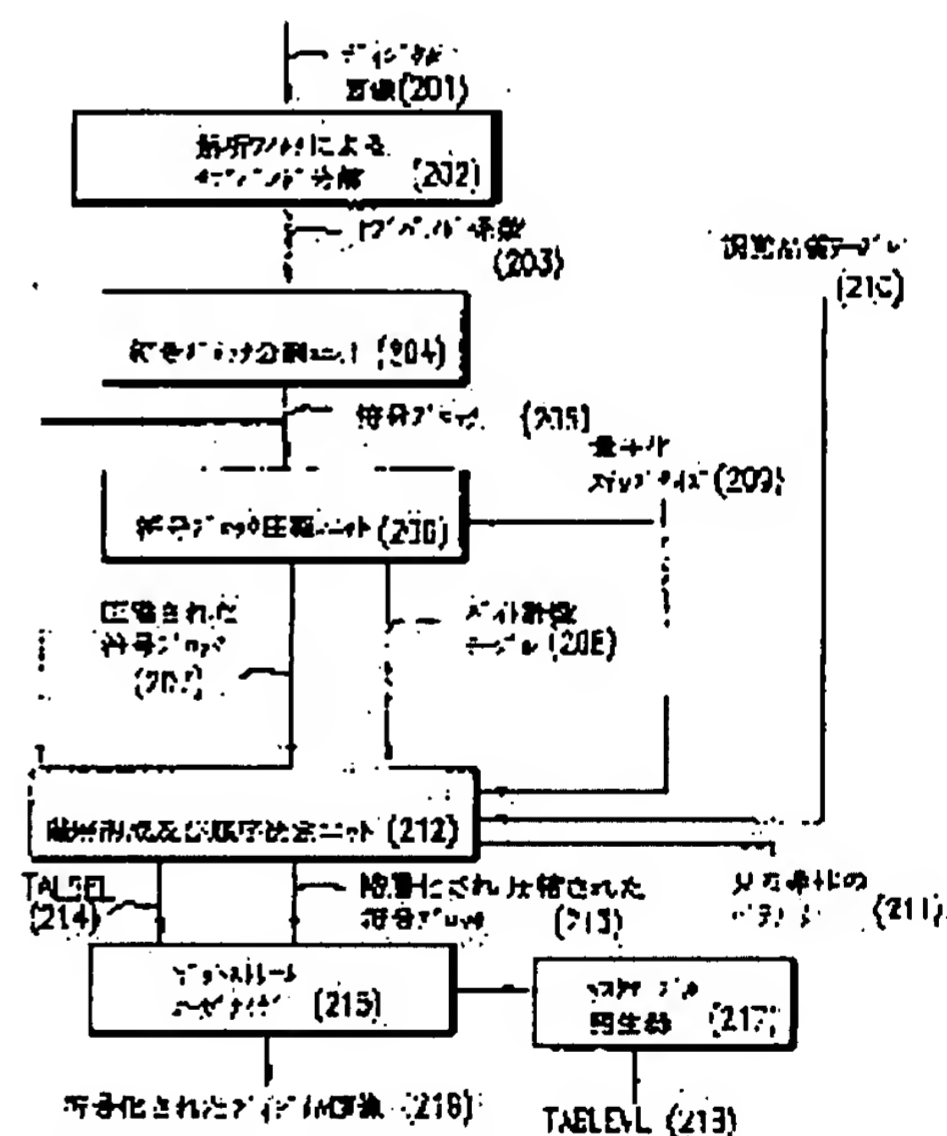
Priority country : US

**(54) METHOD FOR GENERATING HIERARCHICALLY EDITED COMPRESSED DIGITAL IMAGE CORRESPONDING TO INCREASING VISUAL QUALITY LEVEL, AND METHOD FOR CONTROLLING RATE OF THE COMPRESSED DIGITAL IMAGE**

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a method for generating hierarchically edited compressed digital image which corresponds to increased visual quality level by a JPEG 2000 coder.

**SOLUTION:** A received digital image is decomposed, to obtain sub bands each having sub band coefficients, quantized to obtain a quantized output with each sub band coefficient and a bit plane is formed. Entropy coding is applied to each bit plane of each sub band of a path, independently of other sub bands to obtain a compressed bit stream corresponding to each path. A visually signified value of each path is calculated, to obtain a visual quality table that designates a signified value corresponding to an estimated visual quality level. A minimum set of a compressed bit stream required for the signified value, corresponding to each path at each level, is identified. The compressed bit stream is sequenced, starting from a minimum to a maximum level layer designated by the visual quality table and each layer which includes the compressed bit stream corresponding to a path from the minimum set corresponding to a level which is not included in a lower visual quality layer.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than

the examiner's decision of rejection or  
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2002-64710  
(P2002-64710A)

(43)公開日 平成14年2月28日(2002.2.28)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード <sup>*</sup> (参考)
H 0 4 N 1/41		H 0 4 N 1/41	B 5 C 0 5 9
H 0 3 M 7/30		H 0 3 M 7/30	A 5 C 0 7 8
	7/40	7/40	5 J 0 6 4
H 0 4 N 7/30		H 0 4 N 7/133	Z

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 17 頁)

(21)出願番号 特願2001-157380(P2001-157380)  
(22)出願日 平成13年5月25日(2001.5.25)  
(31)優先権主張番号 5 7 9 6 8 9  
(32)優先日 平成12年5月26日(2000.5.26)  
(33)優先権主張国 米国 (U S)

(71)出願人 590000846  
イーストマン コダック カンパニー  
アメリカ合衆国, ニューヨーク14650, ロ  
チェスター, ステイト ストリート343  
(72)発明者 ラジャン エル ジョシー  
アメリカ合衆国 ニューヨーク 14618  
ロチェスター グレイストーン・レーン  
215  
(72)発明者 ボール ダブリュ ジョーンズ  
アメリカ合衆国 ニューヨーク 14428  
チャーチヴィル リード・ロード 644  
(74)代理人 100070150  
弁理士 伊東 忠彦

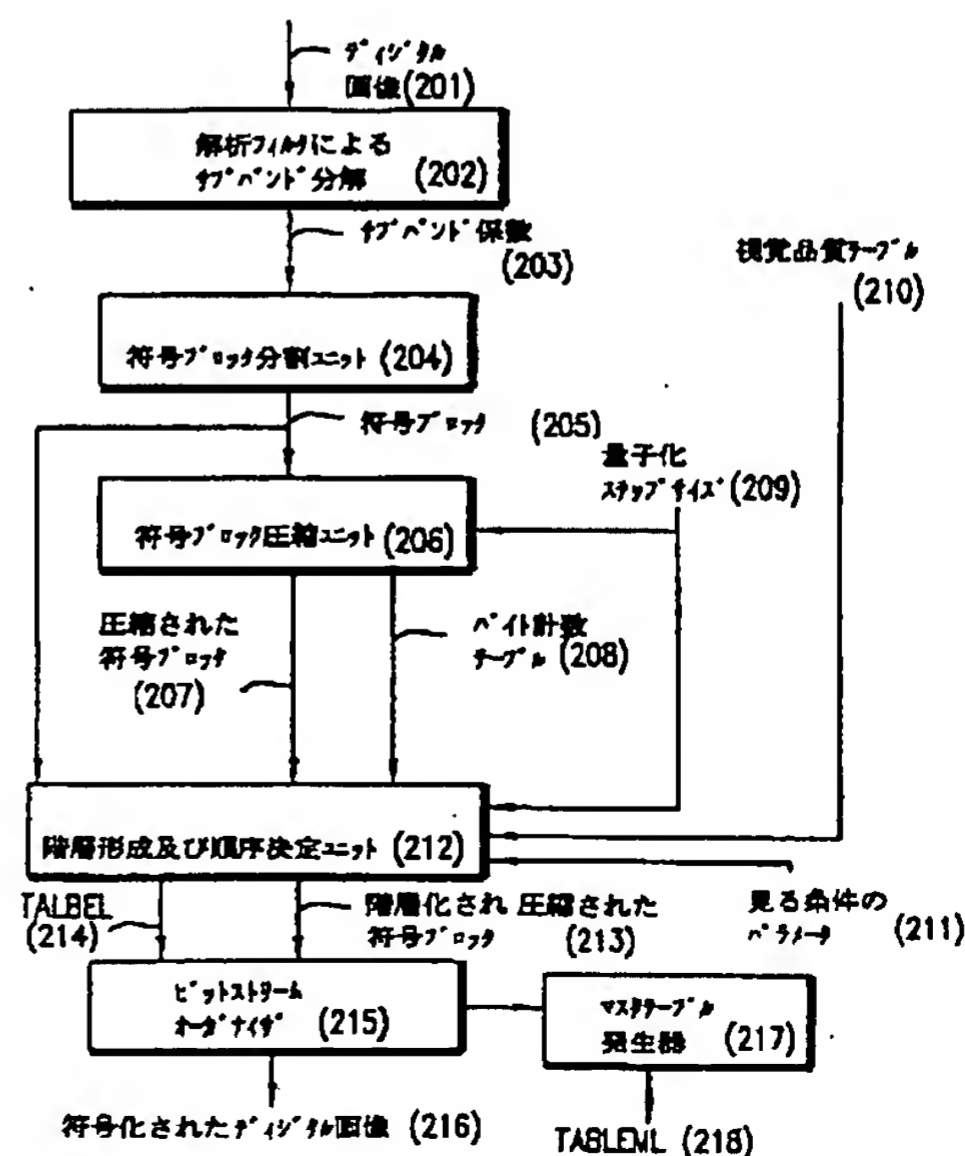
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 増加する視覚品質レベルに対応して階層へ編成された圧縮ディジタル画像を生成する方法及びこ  
のような圧縮ディジタル画像のレートを制御する方法

(57)【要約】

【課題】 J P E G 2 0 0 0 符号化器で増加する視覚品質レベルに対応して階層化される圧縮ディジタル画像を生成する方法を提供することを目的とする。

【解決手段】 入力ディジタル画像を分解し夫々複数のサブバンド係数を有する複数のサブバンドを得、量子化し、各サブバンド係数の量子化出力値を得、ビット平面を形成する。パスの各サブバンドの各ビット平面を他のサブバンドとは独立にエントロピー符号化し、各パスに対応する圧縮ビットストリームを得る。各パスの視覚的に有意な値を計算し、予想視覚品質レベルと対応する有意な値を指定する視覚品質テーブルを得る。各レベルでパスと対応する有意な値に必要な圧縮ビットストリームの最小の組が識別される。圧縮ビットストリームを視覚品質テーブルで指定される最低から最高のレベルの階層へ順序づけ、各階層は低い視覚品質階層に含まれないレベルに対応する最小の組からのパスと対応する圧縮ビットストリームを含む。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 増加する視覚品質レベルに対応する階層へ編成される圧縮デジタル画像を入力デジタル画像から生成する方法であって、

(a) 入力デジタル画像を分解して夫々が複数のサブバンド係数を有する複数のサブバンドを生じさせ、

(b) 上記分解された入力デジタル画像の各サブバンドの複数のサブバンド係数を量子化して各サブバンドの各サブバンド係数について量子化された出力値を生じさせ、

(c) 各サブバンドのサブバンド係数の量子化された出力値から少なくとも1つのビット平面を形成し、

(d) 各サブバンドの各ビット平面を他のサブバンドとは独立にエントロピー符号化されるよう少なくとも1回のパスでエントロピー符号化して各パスに対応する圧縮されたビットストリームを生じさせ、

(e) 各パスについて視覚的に有意な値を計算し、

(f) 予想視覚品質レベルと対応する視覚的に有意な値を指定する視覚品質テーブルを与え、

(g) 各予想視覚品質レベルについて、パスと対応する視覚的に有意な値を達成するのに必要な圧縮されたビットストリームの最小の組を識別し、

(h) パスに対応する圧縮されたビットストリームを、上記視覚品質テーブルで指定される最も低い予想視覚品質レベルから最も高い予想視覚品質レベルまでの階層へ順序づけ、各階層は、より低い視覚品質階層に含まれていない予想視覚品質レベルに対応する上記識別された最小の組からのパスと対応する圧縮されたビットストリームを含む方法。

【請求項2】 増加する視覚品質レベルに対応する階層へ編成される圧縮デジタル画像を入力デジタル画像から生成する方法であって、

(a) 入力デジタル画像を分解して夫々が複数のサブバンド係数を有する複数のサブバンドを生じさせ、

(b) 上記分解された入力デジタル画像の各サブバンドの複数のサブバンド係数を量子化して各サブバンドの各サブバンド係数について量子化された出力値を生じさせ、

(c) 各サブバンドを複数の符号ブロックへ分割し、

(d) 各サブバンドの各符号ブロックのサブバンド係数の量子化された出力値から少なくとも1つのビット平面を形成し、

(e) 各サブバンドの各符号ブロックの各ビット平面を他の符号ブロックとは独立にエントロピー符号化されるよう少なくとも1回のパスでエントロピー符号化し、各パスに対応する圧縮されたビットストリームを生じさせ、

(f) 各パスについて視覚的に有意な値を計算し、

(g) 予想視覚品質レベルと対応する視覚的に有意な値を指定する視覚品質テーブルを与え、

(h) 各予想視覚品質レベルについて、パスと対応する視覚的に有意な値を達成するのに必要な圧縮されたビットストリームの最小の組を識別し、

(i) パスに対応する圧縮されたビットストリームを、上記視覚品質テーブルで指定される最も低い予想視覚品質レベルから最も高い予想視覚品質レベルまでの階層へ順序づけ、各階層は、より低い視覚品質階層に含まれていない予想視覚品質レベルに対応する上記識別された最小の組からのパスと対応する圧縮されたビットストリームを含む方法。

【請求項3】 少なくとも1つの画像のレートを制御する方法であって、

(a) 各画像に対して多数の予想視覚品質レベル及び対応する視覚的な優位性の値を指定する視覚品質テーブルを設け、

(b) 上記複数の画像を圧縮して夫々が上記視覚品質テーブルで指定される予想視覚品質レベルに対応する階層を含む圧縮デジタル画像を生成し、

(c) 各圧縮デジタル画像の可能な切り捨て点について視覚的な優位性の値と対応するファイルサイズのテーブルを生成し、各圧縮デジタル画像の予想視覚品質レベルについて上記切り捨て点に対応する予想視覚品質レベルを達成するのに必要なバイト数を表わし、

(d) 各画像について現在の切り捨て点を初期化し、

(e) 各圧縮デジタル画像に対応する現在の切り捨て点まで切り捨て、

(f) 上記切り捨てられ圧縮されたデジタル画像について圧縮されたファイルの全体のサイズを計算し、

(g) 切り捨てられ圧縮されたデジタル画像についての上記圧縮されたファイルの全体のサイズを所定のビット予算と比較し、

(h) 次の可能な切り捨て点において最も低い視覚的に有意な値を有する画像のために、現在の切り捨て点を次の可能な切り捨て点へ更新し、

(i) 圧縮されたファイルの全体のサイズがビット予算以下となるまで上記段階(e)乃至(h)を繰り返す方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、増加する視覚品質レベルに対応する階層へ編成される圧縮されたデジタル画像を生成し、このような圧縮された画像のレートを制御するための方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 近年、画像のサブバンド符号化又はウェーブレット符号化のための多くの方法が提案されている。そのうちの幾つかは、サブバンド係数ビット平面のエントロピー符号化を用いるものであり、サブバンド係数は量子化されていることがある。重要なことは、ウェーブレット係数のビット平面符号化は、2000年3月

のISO/IEC JTC1/SC29 WG1 N1646, JPEG2000 Part 1 Final Committee Draft, Version 1.0に記載されるように、提案されているJPEG2000画像圧縮標準に使用されている。

【0003】図1は、一般的なJPEG2000符号化器を示すブロック図である。JPEG2000符号化器は、画像を解像度についての階層へ分解し、解像度に対応する圧縮データは更に多数の品質階層1, 2, . . . Lへと分割される。いずれの解像度でも、圧縮されたビットストリームに更なる階層を追加することにより、その解像度とそれよりも高い解像度で再構成される画像の品質は一般的に改善される。JPEG2000標準は、圧縮されたビットストリームの編成及び順序づけに関してかなりの柔軟性を与える。JPEG2000によって可能とされるこのような順序づけの1つには、「階層・解像度・成分・位置プログレッシブ」として知られるものがあり、これは以下「階層プログレッシブ」と称するものとする。この順序づけでは、圧縮されたビットストリームは階層のインデックスの昇順で配置される。即ち、全ての解像度レベルからの階層1に対応するデータは、圧縮されたビットストリームの始めに現れる。その後、階層2、階層3等に属する全てのデータが続く。かかる順序づけの1つの有用な性質は、圧縮されたビットストリームの終わりに現れる完全な又は部分的な階層が捨てられる場合、切り捨てられたビットストリームを復号化して、より低い品質の再構成画像を生成しようということである。

【0004】上述のように、階層プログレッシブな順序付けでは一般的に、追加的な階層を加えることによって、改善された品質が与えられる。しかしながら、知覚される画質が夫々の追加的な階層によって改善されるという保証はない。これは、品質がしばしば平均平方誤差又は同様の計量（メトリック）によって定量化されるためであり、これらの計量は知覚される画質とあまりよく相関しないことが周知である。

【0005】JPEG2000標準は、階層の形成について殆ど制約を課さない。従って、階層の形成のための特殊用途方法を工夫するかどうかは個々のJPEG2000符号化器次第である。従来技術では、プログレッシブな順序づけは、サブバンドの相対的な視覚的な重み付けに基づいて決定される（J.Li, "Visual Progressive Coding", SPIE Visual Communication and Image Processing, Vol.3653, No.116, San Jose, California, January 1999）。この方法では、ビットレートの異なる範囲において視覚的な重みの異なる組を使用することが可能である。この方法の主な欠点は、視覚的な重みが変化するべきビットレートを決定することが困難であるということである。これは、同じ圧縮設定でも、画像内容によって圧縮率が非常に異なりうるためである。

【0006】Taubman (David Taubman, IEEE Transacti

ons on Image Processingに発表された"High Performance Scalable Image Compression with EBCOT")は、JPEG2000符号化器で階層を形成する方法について記載している。Taubmanの方法では、歪み計量として平均平方誤差(MSE)又は視覚的に重み付けされたMSEが使用される。次に、レートと歪みのトレードオフを用いて、どのようにして階層が形成されるかを決定する。上述のように、MSEは知覚される視覚品質とはあまりよく相関しないことが多い。また、場合によっては、圧縮設定に基づいて視覚的な重み付けを調整する必要がある。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】従って、本発明は、JPEG2000符号化器において圧縮されたビットストリームの階層を、階層が増加する視覚品質レベルに対応するよう形成する方法を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】かかる目的は、増加する視覚品質レベルに対応する階層へ編成される圧縮デジタル画像を入力デジタル画像から生成する方法であって、(a) 入力デジタル画像を分解して夫々が複数のサブバンド係数を有する複数のサブバンドを生じさせる段階と、(b) 上記分解された入力デジタル画像の各サブバンドの複数のサブバンド係数を量子化して各サブバンドの各サブバンド係数について量子化された出力値を生じさせる段階と、(c) 各サブバンドのサブバンド係数の量子化された出力値から少なくとも1つのビット平面を形成する段階と、(d) 各サブバンドの各ビット平面を他のサブバンドとは独立にエントロピー符号化されるよう少なくとも1回のパスでエントロピー符号化し、各パスに対応する圧縮されたビットストリームを生じさせる段階と、(e) 各パスについて視覚的に有意な値を計算する段階と、(f) 予想視覚品質レベルと対応する視覚的に有意な値を指定する視覚品質テーブルを与える段階と、(g) 各予想視覚品質レベルについて、パスと対応する視覚的に有意な値を達成するのに必要な圧縮されたビットストリームの最小の組を識別する段階と、(h) パスに対応する圧縮されたビットストリームを、上記視覚品質テーブルで指定される最も低い予想視覚品質レベルから最も高い予想視覚品質レベルまでの階層へ順序づけ、各階層は、より低い視覚品質階層に含まれていない予想視覚品質レベルに対応する上記識別された最小の組からのパスと対応する圧縮されたビットストリームを含む段階とを含む方法によって達成される。

【0009】本発明は、増加する視覚品質レベルに対応する階層を有する1つ以上の圧縮されたデジタル画像のレート制御のための効率的な方法を提供することを更なる目的とする。この目的は、少なくとも1つの画像のレートを制御する方法であって、(a) 各画像に対して多数の予想視覚品質レベル及び対応する視覚的な優位性

の値を指定する視覚品質テーブルを設け、(b)上記複数の画像を圧縮して夫々が上記視覚品質テーブルで指定される予想視覚品質レベルに対応する階層を含む圧縮デジタル画像を生成する段階と、(c)各圧縮デジタル画像の可能な切り捨て点について視覚的な優位性の値と対応するファイルサイズのテーブルを生成し、各圧縮デジタル画像の予想視覚品質レベルについて切り捨て点是对应する予想視覚品質レベルを達成するのに必要なバイト数を表わす段階と、(d)各画像について現在の切り捨て点を初期化する段階と、(e)各圧縮デジタル画像を対応する現在の切り捨て点へ切り捨てる段階と、(f)上記切り捨てられ圧縮されたデジタル画像について圧縮されたファイルの全体のサイズを計算する段階と、(g)切り捨てられ圧縮されたデジタル画像についての上記圧縮されたファイルの全体のサイズを所定のビット予算と比較する段階と、(h)次の可能な切り捨て点において最も低い視覚的に有意な値を有する画像のために、現在の切り捨て点を次の可能な切り捨て点へ更新する段階と、(i)圧縮されたファイルの全体のサイズがビット予算以下となるまで上記段階(e)乃至(h)を繰り返す段階とを含む方法によって達成される。

#### 【0010】

【発明の実施の形態】以下、添付の図面を参照して本発明の望ましい実施例について説明する。上述の説明では、図示されていない追加的な構造もある。このような構造が説明されるが、図示されない場合、その図面がないことではかかる設計が本願から排除され则认为されるべきではない。

【0011】本発明は、デジタル画像の圧縮に関する。従来技術で周知の他の技術もあるが、本発明はJ P E G 2 0 0 0 画像圧縮標準に関する技術について説明するものとする。提案されるJ P E G 2 0 0 0 画像圧縮標準は、復号化器が圧縮されたビットストリームをどのように解釈すべきかについて指定しているため、全てのJ P E G 2 0 0 0 符号化器には幾らかの内在的な制約がある。例えば、J P E G 2 0 0 0 標準のP a r t Iでは、ある種のウェーブレットフィルタのみが使用されうる。エントロピー符号化器もまた固定である。これらの方法は、ISO/IEC JTC1/SC29 WG1 N1646, JPEG2000 Part I F  
inal Committee Draft, Version 1.0, March 2000に記載されている。従って、本願は、特に、本発明によるアルゴリズムの一部をなすか、より直接的に協働する属性に関連する。本願に特に図示又は説明されない属性は、ISO/IEC JTC1/SC29 WG1 N1646, JPEG2000 Part I Final  
Committee Draft, Version 1.0, March 2000から、又は他の従来技術で公知のものから選択されうる。以下の説明では、本発明の望ましい実施例は通常はソフトウェアプログラムとして実施されるが、当業者によればかかるソフトウェアと等価のものがハードウェア中に構築さ

れうる事が容易に認識されよう。以下説明するようなシステム及び方法では、本発明を実施するために必要な全てのかかるソフトウェア実施は従来通りであり、かかる技術の通常の知識の範囲内である。本発明がコンピュータプログラムとして実施される場合、プログラムは、例えば磁気ディスク(例えばフロッピー(登録商標)ディスク)又は磁気テープといった磁気記憶媒体、光ディスク、光テープ又は機械読み取り可能なバーコードといった光学記憶媒体、ランダムアクセスメモリ(RAM)又は読み出し専用メモリ(ROM)といった固体電子記憶装置、又はコンピュータプログラムを格納するのに使用される任意の他の物理的な装置又は媒体を含む、従来のコンピュータ読み出し可能な記憶媒体に格納される。

【0012】ここで添付の図面に例として示される本発明の望ましい実施例を参照する。本発明は望ましい実施例について説明されているが、本発明はこれらの実施例に限定されるものではない。逆に、本発明は、請求の範囲に定義される本発明の精神及び範囲に含まれる全ての变形、変更、及び等価物を網羅するものであることが意図される。

【0013】図2は、本発明によるJ P E G 2 0 0 0 画像符号化器のフローチャートを示す図である。デジタル画像(201)は、解析フィルタによるサブバンド分解(202)を受け、サブバンド係数(203)についての画像表現が生成される。画像が多数の成分(例えばRGB)を有する場合、サブバンド分解段階(202)の前に、輝度・クロミナンス変換を適用してY C b C r 表現に変換することができ。また、画像の各成分を多数のタイルへ分割することが可能である。しかし、この望ましい実施例では、完全な画像からなる単一のタイルのみが使用される。サブバンド係数(203)は、符号ブロック分割ユニット(204)によって矩形ブロックへ分割され、1つ以上の符号ブロック(205)が生成される。当業者は、単一の符号ブロックのみが使用されている場合はサブバンド係数を分割することが必要でないことを認識するであろう。

【0014】各符号ブロックは適当な量子化ステップサイズ(209)を用いて符号ブロック圧縮ユニット(206)によって圧縮され、圧縮された符号ブロック(207)及びバイト計数テーブル(208)が生成される。各符号ブロックについて、圧縮された符号ブロック(207)及びバイト計数テーブル(208)は、階層形成及び順序づけ決定ユニット(212)に与えられる。階層形成及び順序づけ決定ユニット(212)の他の入力は、その符号ブロックを量子化するために使用される量子化ステップサイズ(209)と、所望の視覚品質レベルのテーブル(210)と、見る条件のパラメータ(211)とである。各符号ブロックについて、階層形成及び順序づけ決定ユニット(212)は、階層構造

とされた圧縮された符号ブロック(213)を生成するために各階層に幾つの符号化パスが含まねばならないかを決定し、符号化パス及び各階層の対応するバイトについての情報を格納するTable L(214)を決定する。階層形成及び順序づけ決定ユニット(212)はまた、ビットストリーム全体が階層プログレッシブに配置されるべきであることを指定する。

【0015】この順序付け情報と、階層化された圧縮された符号ブロック(213)と、及びTable L(214)とは、JPEG2000ビットストリームオーガナイザ(215)に供給され、JPEG2000に準拠する符号化されたデジタル画像(216)が生成される。マスタテーブル発生器(217)は、Table M L(218)を生成し、そのj番目のエントリは最初からj個の階層に対応する圧縮されたデータを表わすために必要とされるバイトの数を指定する。この情報はまた圧縮されたビットストリームに含まれるが、幾つかの適用では、情報からビットストリームをパースする必要がないよう、情報を別々に記憶することが有利である。

【0016】ここで、図2に示されるブロックについてより詳細に説明する。分解に含まれるサブバンドの総数をSとし、インデックス $i=0, 1, \dots, (S-1)$ を付すものとする。符号ブロック分割ユニット(204)は、各サブバンドを多数の矩形の符号ブロックへ分割する。図3は、符号ブロック圧縮ユニット(206)をより詳細に示す図である。各符号ブロックは、適当な量子化ステップサイズ(206)を用いてスカラ量子化器(301)によって量子化され、量子化された係数

(302)のインデックスの符号(sign)・大きさ表現が生成される。望ましくは、デッドゾーンを有する均一スカラ量子化器が使用される。図4A及び図4Bは、この量子化器についての決定閾値及び再構成レベルを示す図である。図4Aは、ステップサイズ $\Delta_i$ についての決定閾値及び再構成レベルを示す図である。図4Bは、ステップサイズ $2\Delta_i$ についての決定閾値及び再構成レベルを示す図である。望ましい実施例では、再構成レベルは常に量子化間隔の中心にある。しかし、当業者によれば、これは必須ではないことが明らかとなろう。例えば、再構成レベルはゼロに向かって偏ってもよい。所与のサブバンド中の全ての符号ブロックについて同じ基本の量子化ステップサイズが使用されうる。ここで、サブバンドiについてのステップサイズを $\Delta_i$ とする。

尚、最大量子化誤差 $E_{max}$ が $\Delta_i$ であるゼロの欄を除き、最大量子化誤差 $E_{max}$ は $(\Delta_i/2)$ である。サブバンド解析及び合成フィルタが可逆的であれば(R. Calderbank, I. Daubechies, W. Sweldens, and B.-L. Yeo, "Wavelet Transform that Maps Integers to Integers," Applied and Computational Harmonic Analysis, vol. 5, no.3, pp.332-369, 1998)、量子化のステップは完全になくされてもよい。

【0017】処理されるブロックはサブバンドiから得られたものであると想定する。すると、ブロックからのサンプルは、上述のようにステップサイズが $\Delta_i$ の均一スカラ量子化器によって量子化される。量子化された係数のインデックスの大きさが、 $A_i$ ビットの一定の精度で表わされるとする。ビットは $1, 2, \dots, A_i$ でインデックス付けされ、インデックス1は最上位ビット(MSB)に対応し、 $A_i$ は最下位ビット(LSB)に対応するものとする。符号ブロックのk番目のビット平面は、その符号ブロックからの全ての量子化された係数の大きさ表現からのk番目のビットからなる。使用されるスカラ量子化器の1つの興味深い性質は、サブバンドiからの量子化された係数のインデックスの大きさ表現からのkの最下位ビットを捨てること又はゼロとすることは、ステップサイズが $2^k \Delta_i$ である係数のスカラ量子化と等しいことである。このように、最後のkのビット平面に対応するデータが捨てられる符号ブロックに対応する圧縮されたビットストリームが切り捨てられる場合、符号ブロックのより粗い量子化されたバージョンを再構成することが可能である。これは埋め込み(embedding)性質として知られている。復号化器における再構成のために量子化された係数のインデックスの大きさ表現のkのビット平面がなくされた場合、ステップサイズが $2^k \Delta_i$ である量子化器のための再構成レベルが使用される。

【0018】エントロピー符号化のために、符号化器のビット平面は、先行するビット平面のいずれかが有意であるか現在のビット平面が少なくとも1つの非ゼロビットを有する場合に有意であるものとする。エントロピー符号化器(303)は、1つ以上の符号化パスにおいて符号ブロックについて各ビット平面を符号化する。例えば、最上位ビット平面は、単一の符号化パスを用いて符号化される。符号ブロックの残るビット平面は、3つの符号化パスを用いて符号化される。JPEG2000では、MQ算術符号化器がエントロピー符号化器として使用される。テーブル発生ユニット(304)は、各符号ブロックについてバイト計数テーブル(208)を発生する。テーブル中のm番目のエントリは、ビットストリーム中の符号ブロックの $1, 2, \dots, m$ の符号化パスを含むために必要なバイト数に対応する。

【0019】階層形成及び順序づけ決定ユニット(212)は、視覚品質テーブル(210)によって指定される視覚品質基準を満たすよう各階層に含まれるべき符号化パスの数を決定する。視覚品質テーブル(210)によって指定のj番目のエントリは、最初からjの階層のみが圧縮されたビットストリームに含まれる場合にのみ、再構成された画像の最小の予想視覚品質を指定する。符号ブロックの各符号化パスは、視覚的な有意性に割り当てられる。視覚的な有意性がより高いということは、符号化パスが圧縮されたビットストリームに含まれ

ていなければ、再構成された画像の視覚品質が更に低下することを意味する。

【0020】望ましい実施例では、符号化パスの視覚的な有意性は、符号化パスに対応する閾値ビュー距離に関して決定される。これは、人間の視覚系(HVS)の2次元コントラスト感度関数(CSF)を用いて行なわれる。ここに参照として組み入れられるJones et al., "Comparative study of wavelet and DCT decomposition with equivalent quantization and encoding strategies for medical images", Proc. SPIE Medical Imaging '95, vol. 2431, pp. 571-582に記載されるCSFモデルは、人間の視覚系の感度を2次元(2D)空間周波数の関数としてモデル化し、例えば、ビュー距離、光レベル、色、画像サイズ、偏心率、ディスプレイの雑音レベル等の多数のパラメータに依存する。CSFの周波数依存性は、一般的には視覚対辺のサイクル/度数を用いて表わされる。CSFは、所与のビュー距離(即ち、見る人から表示される画像までの距離)については、例えばサイクル/mmといった他の単位へマップされうる。

【0021】サブバンドiについての2次元CSF値は、Vをビュー距離、Nをディスプレイの雑音レベル、Dをディスプレイの1インチ当たりドット数(dpi)、Fiをサブバンドiに関連付けられる2次元空間周波数(サイクル/mmで表わす)とすると、CSF(Fi, V, N, D)と表わされる。望ましい実施例では、Fiはサブバンドiに公称に関連付けられる周波数範囲の中心であるよう選択される。Jones外の論文に記載されるように、サブバンドiがデッドゾーンを有する均一なスカラ量子化器によって量子化される場合、ビュー距離Vにおいて再構成される画像中に「丁度認識可能(just noticeable)な歪み」を生じさせるステップサイズQi(V)は、

【0022】

【数1】

$$Q_i(V) = \frac{1}{C \times MTF(F_i) \times G_i \times CSF(F_i, V, N, D)}$$

であり、但し、MTF(Fi)は周波数FiにおけるディスプレイのMTFであり、Cは表示装置の符号値当たりのコントラストであり、Gはサブバンドiの係数の1の符号値の変化に対する再構成された画像のコントラストの変化を表わす利得係数である。利得係数は、サブバンドのレベル及び向きと、サブバンド合成フィルタとに依存する。Jones外の論文と比較すると、分母に0.5の係数がない。これは、最大の生じうる歪みE<sub>max</sub>が、デッドゾーンのない均一なスカラ量子化器ではステップサイズの半分であるのに対して、デッドゾーンを有する均一なスカラ量子化器ではステップサイズに等しいためである。

【0023】量子化された画像についての閾値ビュー距

離は、再構成された画像中の歪みが「丁度認識可能である」ビュー距離として定義される。このように、量子化された画像の視覚品質は、閾値ビュー距離に関して量子化されえ、例えば高い閾値ビュー距離は低い視覚品質に対応する。ここで、HVSの1つのモデルは、サブバンド分解の各帯域を独立に処理するものである。このように、再構成された画像中の全体の歪みに対する量子化された符号ブロックの寄与は、全ての他の符号ブロックにおいて生ずる量子化と独立であると想定されうる。ステップサイズQiで量子化された特定の符号ブロックについては、対応する閾値ビュー距離Viに関連付けることができる。この関係は、

$$Q_i = K(V_i)$$

と書くことができ、但し、Kはビュー距離Viに対するQiの依存性を特徴付ける関数である。関数Kの逆関数は、特定のステップサイズについての閾値ビュー距離、即ち、

$$V_i = K^{-1}(Q_i)$$

を決定するために必要である。或いは、符号ブロックについての最大絶対量子化誤差がE<sub>max</sub>であると想定すると、符号ブロックは、ステップサイズQi = E<sub>max</sub>を有する均一なデッドゾーンスカラ量子化器によって量子化されるものと考えられる。その場合、Vi = K<sup>-1</sup>(E<sub>max</sub>)となる。

【0024】このように、各符号ブロックについての閾値ビュー距離は、符号ブロックに関連付けられる最大絶対量子化誤差に基づいて決定されうる。この逆関数を見つけるために、所与の空間周波数における1次元CSFは、d、2d、4dのビュー距離では図5に示されるようにビュー距離が減少するにつれ、一般的に増加する。しかしながら、非常に低い周波数では、再び減少し始め、従って一意の逆関数K<sup>-1</sup>は存在しない。CSFは、K<sup>-1</sup>の存在を確実にするため僅かに変更されうる。ビュー距離Vに対してCSFを計算するために、V以上のビュー距離を有する全てのCSF曲線についての包絡線がとられる。これは、Kが増加しない関数であることを確実にする。K<sup>-1</sup>は最も小さいビュー距離のためには結びつきが解かれるよう決められる。これは、サブバンドについての閾値ビュー距離が必ず量子化器のステップサイズの増加関数であることを意味する。望ましい実施例では、K<sup>-1</sup>はルックアップテーブルとして実施される。

【0025】関数<sup>-1</sup>Kは、階層のサブセットが保持された場合にのみ符号ブロックについての閾値ビュー距離を決定するために、階層形成及び順序づけ決定ユニット

(212)によって使用される。階層形成及び順序づけ決定ユニット(212)のより詳細なフローチャートは図6に示されている。階層の総数がLであり、符号ブロックについての符号化パスの総数がPであるとする。階層形成及び順序づけ決定ユニット(212)の入力は、

(1) L個のエントリを有する視覚品質テーブル(210)であってTable Vと称するもの、(2)元の符号ブロック(205)、(3)符号ブロックに対応する圧縮されたビットストリーム(207)、(4)符号ブロックについてのバイト計数テーブル(208)であってTable Bと称されるもの、(5)見る条件のパラメータ

(211)である。視覚品質テーブル(210)は、予想視覚品質レベルを格納し、最初のjの階層が圧縮されたビットストリームに含まれる場合にのみ、j番目のエントリは予想視覚品質を表わす。視覚品質レベルは、閾値ビュー距離に関して予め指定され、降順で格納される。バイト計数テーブル(208)のm番目のエントリは、符号ブロックについての最初のmの符号化パスに対応する圧縮されたデータを表わすのに必要なバイトの数を表わす。階層形成及び順序づけ決定ユニット(212)は、L個の行及び2個の欄を有するTable L(214)を発生する。行jの1番目のエントリは、階層jに含まれるべき符号化パスの数を示し、行jの2番目のエントリは階層jをその符号ブロックについての既存の圧縮されたビットストリームへ追加するのに必要なバイト数を示す。

【0026】初期化ユニット(601)は、j、m、及び累積パス数CPをゼロに初期化する。初期化ユニットはまた、 $E_{max}$ を符号ブロックについての量子化された計数のインデックスの最大絶対値へ初期化し、現在の閾値ビュー距離CVDを $K^{-1}(E_{max})$ に設定する。ステップ(602)において、jは1ずつインクリメントされる。次に、比較ユニット(603)はjを階層の数Lと比較する。jがLよりも大きければ、全ての階層が形成されており、プロセスは停止し、テーブルL(214)が書き出され、jがL以下であればプロセスは続行する。ステップ(604)において、目標ビュー距離TV DはテーブルVのj番目のエントリに設定される。第2の比較ユニット(605)は、現在のビュー距離を目標ビュー距離と比較する。現在のビュー距離が目標ビュー距離以下であれば、ステップ(610)までスキップする。現在のビュー距離が目標ビュー距離よりも大きければ、mはパスの総数Pと比較される(606)。mがP以上であれば、ステップ(610)までスキップする。mがPよりも小さければ、mは1ずつインクリメントされる(607)。次に、最初のm回の符号化に対応する圧縮データを用いて符号ブロックが再構成され、元の符号ブロックと再構成された符号ブロックとの間の最大絶対差 $E_{max}$ が見つけられる(608)。現在のビュー距離は $K^{-1}$ まで更新され(609)、ステップ(605)へ戻る。ステップ(610)において、Table L[j][1]は(m-CP)に設定され、Table L[j][2]は(Table B[m]-Table [CP])に設定される。また、累積パス数はmに設定される。つぎに、ステップ(602)に戻る。従っ

て、ステップ605乃至609により、視覚品質テーブル(210)に与えられた夫々の予想視覚品質レベルを満たすのに必要なパスとパスに対応する圧縮されたビットストリームの最小の組が識別される。

【0027】符号ブロックを量子化するために使用されるステップサイズは、その符号ブロックについての全ての符号化パスがビットストリームに含まれるとき、視覚品質テーブル(210)の中で指定される最大の視覚品質レベルが達成されるか超過されるよう、十分に小さいべきであることに留意されたい。望ましい実施例は、これは再構成された画像中の歪みが上述のように丁度認識可能であるよう最大の予想視覚品質レベルに対応する閾値ビュー距離から各サブバンドについてのステップサイズを決定することによって達成される。これは、各サブバンドを量子化するために用いられるステップサイズが十分に細かいことを保証する。

【0028】図7は、階層の形成に対して更なる制約のある階層形成及び順序決定ユニット(212)の他の実施例を示す図である。この実施例での制約は、ブロックの階層境界がビット平面境界と一致せねばならないということである。上述のように、ステップサイズ $\Delta$ で量子化された符号ブロック係数のインデックスの大きさを、Aビットの一定の精度で表わすとする。ビットを1, . . . , Aでインデックス付けするものとし、インデックス1は最上位ビット(MSB)を表わす。ここで、符号ブロックのkの最下位ビット平面は捨てるものとする。すると、符号ブロックについての量子化ステップサイズは( $2^k \Delta$ )であり、対応する閾値ビュー距離は $K^{-1}(2^k \Delta)$ である。上述のように元の符号ブロックと再構成された符号ブロックの間の最大絶対誤差 $E_{max}$ を計算する代わりに、 $E_{max}$ を $2^k \Delta$ とする。

【0029】他の実施例では、初期化ユニット(701)もまた、kを0へ初期化する。ステップ702乃至705は、ステップ602乃至605と同じである。ステップ706において、kを符号ブロックについてのビット平面の総数であるAと比較する。kがA以上であれば、ステップ710へ進む。kがA以上でなければ、ステップ707においてkを1ずつインクリメントし、mが最初kのビット平面を表わすのに必要とされる符号化パスの数を表すよう、mを更新する。ステップ708において、最初のkのビット平面( $2^{(A-k)} \Delta$ )のみを保持することに対応する有効ステップサイズが計算され、 $E_{max}$ はこの値に設定される。ステップ709乃至710はステップ609乃至610と同じである。このように、ステップ705乃至709は、パスの最小の組と、視覚品質テーブル(210)の中に与えられる各予想視覚品質レベルを満たすのに必要な対応する圧縮されたビットストリームを識別する効果を有する。

【0030】他の実施例では、画像の視覚品質は、閾値ディスプレイ雑音レベルに関して量子化される。閾値デ

ディスプレイ雑音レベルは、ビュー距離又はディスプレイのdpiといったCSFに影響を与える他の因子が一定に保たれるときに、再構成された画像中の歪みが丁度認識可能であるようなディスプレイの雑音レベルとして定義される。閾値ビュー距離の場合と同様に、ステップサイズ $Q_i$ で量子化された特定の符号ブロックについて、対応する閾値ディスプレイ雑音レベル $N_i$ が関連付けられる。この関係式は、 $Q_i = M(N_i)$ と書くことができ、式中、 $M$ はディスプレイ雑音レベル $N_i$ に対する $Q_i$ の依存性を特徴付ける関数である。この場合、より高いディスプレイ雑音レベルは、より高いステップサイズに一般的に対応する。逆関数 $M^{-1}$ は、 $K^{-1}$ を定義するのと同様に定義される。つぎに、視覚品質テーブル(210)が閾値ディスプレイ雑音レベルに対して、より高い雑音レベルがより低い視覚品質に対応するよう指定される。階層形成及び順序決定ユニット(212)もまた、現在のビュー距離(CVD)を現在の雑音レベル(CNL)で適切に置き換え、目標ビュー距離(TVD)を目標雑音レベル(TNL)で適切に置き換えることによって変更される。

【0031】幾つかの適用では、異なるdpi及び異なる意図されるビュー距離で表示されうる(ハードコピー又はソフトコピー)画像の視覚品質を比較することが望ましいことがある。このような場合、より近いビュー距離で順応効果によるCSFの変化を無視し、ビュー距離及びdpiのCSFパラメータを単一のパラメータである画素の視覚的な対辺の角度へ組み合わせる。その場合、画像の視覚品質は、視覚的な対辺の閾値角度について指定されうる。つぎに、視覚的な対辺のより低い閾値角度は、より低い視覚品質に対応する。階層形成方法は、視覚品質尺度として閾値ディスプレイ雑音レベルの場合のように適当に変化されうる。異なる点は、比較ユニット(605)が、視覚的な対辺の現在の角度が現在の対辺の目標角度以上であることである。

【0032】図8は、本発明の他の実施例を示す図である。JPEG2000符号化器によって生成される圧縮されたビットストリーム(801)はJPG2000ビットストリームパーザ(819)を通され、各符号ブロック(820)に対応する圧縮されたビットストリームが生成される。ビットストリームパーザはまた、量子化ステップサイズ(809)についての情報を抽出する。各圧縮された符号ブロックビットストリームは、エントロピー復号化器(802)を通され、量子化されたサブバンド係数(803)が再構成される。ステップ804乃至818は、対応するステップ204乃至218と全く同じである。元のJPG2000ビットストリームを生成するために用いられる基本量子化ステップサイズが粗ければ、視覚品質テーブル(810)から全ての視覚品質レベルを達成することは可能ではないことがある。

【0033】視覚的なプログレッシブな順序づけ方法は、1つ以上の画像を符号化するとき簡単に拡張されうる。 $Q$  ( $Q \geq 1$ )の画像が、上述のように視覚的にプログレッシブにJPG2000ビットストリームパーザ2000符号化器を用いて圧縮されたとする。ディスプレイのディスプレイ雑音dpiと観察条件は各画像について同じであると想定する。全体のビット予算を $R_T$ バイトであるとする。画像セットの全体の視覚品質を最大化するよう各画像の圧縮されたビットストリームの切り捨て点を見つける方法について説明する。

【0034】上述において、圧縮された画像の質が閾値ビュー距離に対してどのように量子化されうるかについて説明した。同様に、一組の圧縮された画像の全体的な質を、 $Q$ の画像の組についての閾値ビュー距離 $V_{set}$ によって量子化しうる。これは、全ての再構成された画像が視覚的に損失のないよう再構成される、即ち歪みが丁度認識可能な最も低いビュー距離として定義される。 $V_q$ が、所与のビットストリーム切り捨て点における画像 $q$  ( $1 \leq q \leq Q$ )に対する閾値ビュー距離であるとする、

【0035】

【数2】

$$V_{set} = \max_q V_q$$

となる。

【0036】レート制御に関する問題は、切り捨てられたビットストリームの全体のファイルサイズが最大で $R_T$ バイトであるという制約を受けているときに、 $V_{set}$ が最小化されるよう各圧縮されたビットストリームを切り捨てることである。

【0037】上述のように、JPG2000符号化器は、各画像についてのTableMLを生成する。テーブルのj番目のエントリは、圧縮されたビットストリーム中の画像の最初のj個の階層を保持するために必要とされるバイト数を指定する。レート制御方法を実行するために、各画像qについて、2つの列のテーブル $T_q$ が生成される。第1のカラムは、可能な切捨て点における圧縮されたファイルサイズのリストである。本発明では、圧縮されたビットストリームは、階層境界においてのみ切り捨てられることが許される。従って、その画像についてJPG2000符号化器によって生成されるTableMLは、テーブル $T_q$ の第1の列に複製される。テーブルの第2の列は、その画像について視覚的なテーブルの入力からJPG2000符号化器へ複製された対応する閾値ビュー距離のリストである。

【0038】図9は、レート制御方法のフローチャートを示す図である。一組の $Q$  ( $Q \geq 1$ )の画像(901)と $R_T$ バイトのビット予算(903)が所与であるとき、方法は以下のようにして行なわれる。JPG20

00符号化器(903)は、上述のように視覚品質テーブル(904)を用いて組の各画像を符号化する。各画像について異なる視覚品質テーブルを用いることが可能である。J P E G 2 0 0 0符号化器(903)は、圧縮されたビットストリーム(905)と各画像のT a b l e M L (906)とを発生する。テーブル発生ユニット(907)はテーブル $T_q$  ( $1 \leq q \leq Q$ )を発生する(908)。切り捨て点初期化ユニット(909)は、画像全体が保持されるよう各画像についての切り捨て点を初期化する。当業者は、他の方法により切り捨て点を初期化することが可能であることを認識するであろう。例えば、ユーザは各画像についての閾値ビュー距離について所望の最大の視覚品質レベルを指定しうる。この場合、各画像の切り捨て点は、その画像についてのユーザ指定の閾値ビュー距離以下の最大閾値ビュー距離に対応するよう選択されうる。切り捨てユニット(910)は、各画像についての圧縮されたビットストリームを対応する現在の切り捨て点へ切り捨て、切り捨てられたビットストリーム(911)を生じさせる。ファイルサイズ計算ユニット(912)は、切り捨てられた圧縮されたビットストリームについての全体の圧縮されたファイルサイズ $F$ 、(913)を計算する。ファイルサイズ比較ユニット(914)は、全体の圧縮されたファイルサイズを $R_T$  バイトのビット予算(902)と比較する。圧縮されたファイルサイズが $R_T$  バイト以下であれば、方法は停止する。 $R_T$  バイト以下でなければ、切り捨て点更新ユニット(915)は、次の可能な切り捨て点において最も低い閾値ビュー距離を有する画像について、現在の切り捨て点を次の行に設定する。切り捨て点を更新した後、最も小さい全体ファイルサイズを生じさせる画像についての関連性はなくされる。切り捨て、全体ファイルサイズ計算、ファイルサイズ比較、及び、更新の処理は、ビットストリーム予算に達するまで続けられる。

【0039】当業者によれば、最小のファイルサイズに対応する圧縮されたビットストリームから開始し、全体のファイルサイズが $R_T$  バイトのビット予算を超過するまで更なる階層を追加するために連続的な連結点を選択することも可能であることを認識するであろう。本発明の方法は、最大のファイルサイズに対応する圧縮されたビットストリームから開始し、階層を捨てていくものである。これは、連続的により低いビット予算に対してレート制御が多数回実行されねばならない場合に、計算的な複雑性に関する利点を有する。

【0040】当業者は、本発明の方法を視覚品質の計量が閾値ディスプレイ雑音レベル又は視覚的な対辺の閾値角度であるような場合に拡張することが可能であることを認識するであろう。ディスプレイのd p iが画像毎に異なる場合は、視覚的な対辺の閾値角度は、望ましい視覚的な計量である。

#### 【0041】

【発明の効果】本発明は、任意の解像度において低いインデックスを付された階層中の圧縮データが、より高い視覚的な重要性を有し、任意の解像度において高いインデックスを付された階層と比較して圧縮ビットストリーム中でより早く出現するよう階層を形成する方法を提供する。これは、「視覚的にプログレッシブ」な圧縮ビットストリームとしても知られる。この順序づけでは、圧縮ビットストリームが切り捨てられた場合に、視覚的にあまり重要でない階層が最初に捨てられるという利点がある。更に、圧縮ビットストリームが階層プログレッシブな方法で配置され、最初の $j$ の階層のみを残すようビットストリームが切り捨てられれば、 $j$ 番目の視覚品質レベルに達する。

【0042】本発明によるレート制御方法は、個々の画像の圧縮ビットストリームから階層を捨て、それにより切り捨てられたビットストリームの全体ファイルサイズがユーザ指定のビット予算を超えず、画像セットの全体の視覚品質が最大にされるという利点がある。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】一般的なJ P E G 2 0 0 0画像符号化器を示すブロック図である。

【図2】本発明による画像符号化器のフローチャートを示す図である。

【図3】符号ブロック圧縮ユニットを示すブロック図である。

【図4A】デッド・ゾーンを有する均一スカラー量子化器についてステップサイズが $\Delta$ である場合の決定閾値と再構成レベルのグラフを示す図である。

【図4B】デッド・ゾーンを有する均一スカラー量子化器についてステップサイズが $2\Delta$ である場合の決定閾値と再構成レベルのグラフを示す図である。

【図5】ビュー距離が $d$ 、 $2d$ 、 $4d$ である場合の典型的な1次元コントラスト感度関数(C S F)を示す図である。

【図6】図2の「階層形成及び順序づけ決定ユニット」のフローチャートを示す図である。

【図7】図2の「階層形成及び順序づけ決定ユニット」の他の実施例のフローチャートを示す図である。

【図8】本発明による階層の視覚的なプログレッシブな配置においてJ P E G 2 0 0 0に従って圧縮されたビットストリームを再設定する方法を示すフローチャートである。

【図9】本発明によるレート制御方法を示すフローチャートである。

#### 【符号の説明】

- 201 デジタル画像
- 202 解析フィルタによるサブバンド分解
- 203 サブバンド係数
- 204 符号ブロック分割ユニット

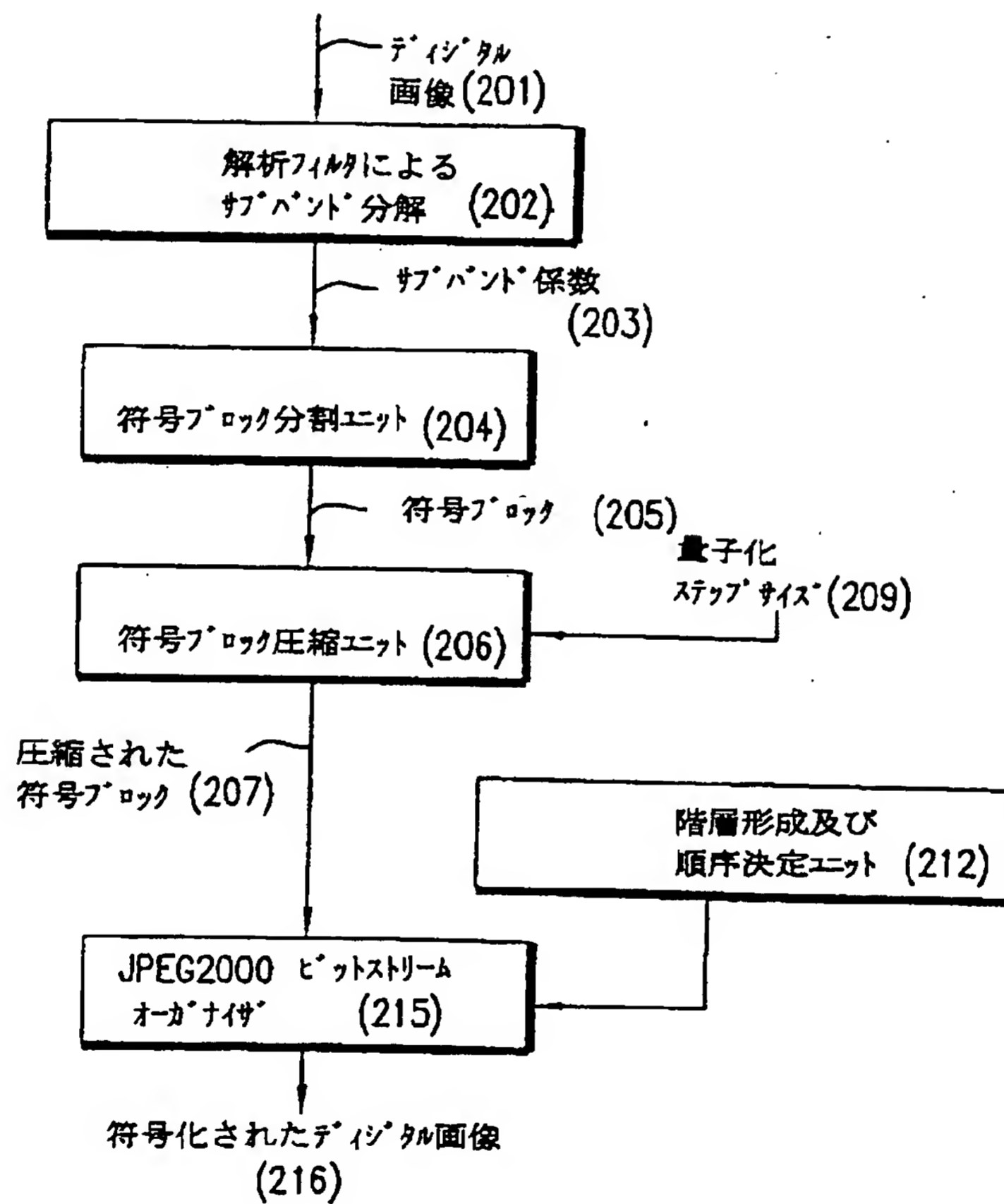
17

205 符号ブロック  
 206 符号ブロック圧縮ユニット  
 207 圧縮された符号ブロック  
 208 バイト計数テーブル  
 209 量子化ステップサイズ  
 210 視覚品質テーブル  
 211 見る条件のパラメータ

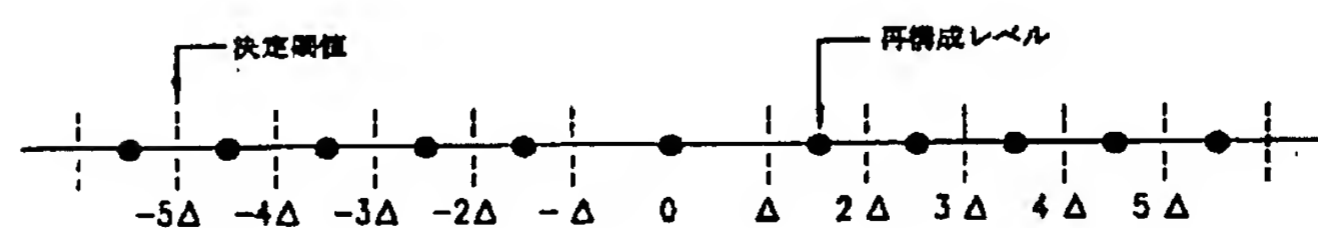
18

\* 212 階層形成及び順序決定ユニット  
 213 階層化された圧縮された符号ブロック  
 214 TABLEL  
 215 ビットストリームオーガナイザ  
 216 符号化されたデジタル画像  
 217 マスタテーブル発生器  
 \* 218 TABLEML

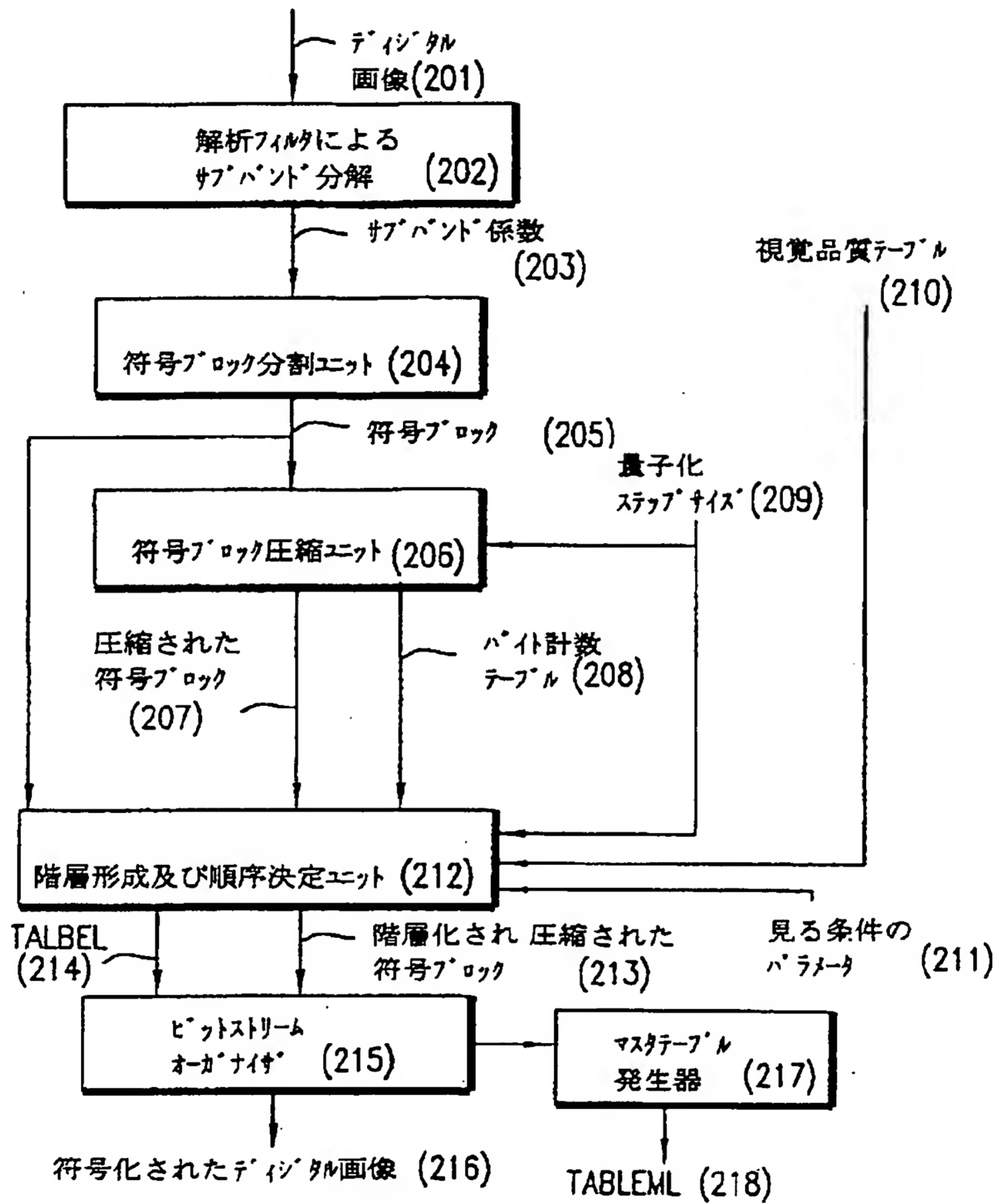
【図1】



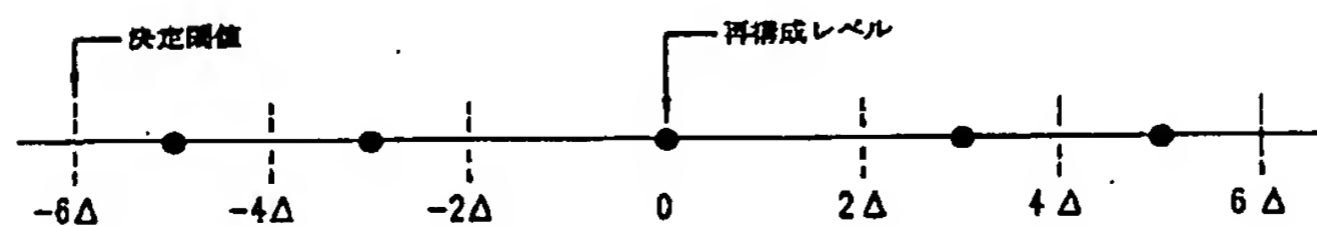
【図4A】



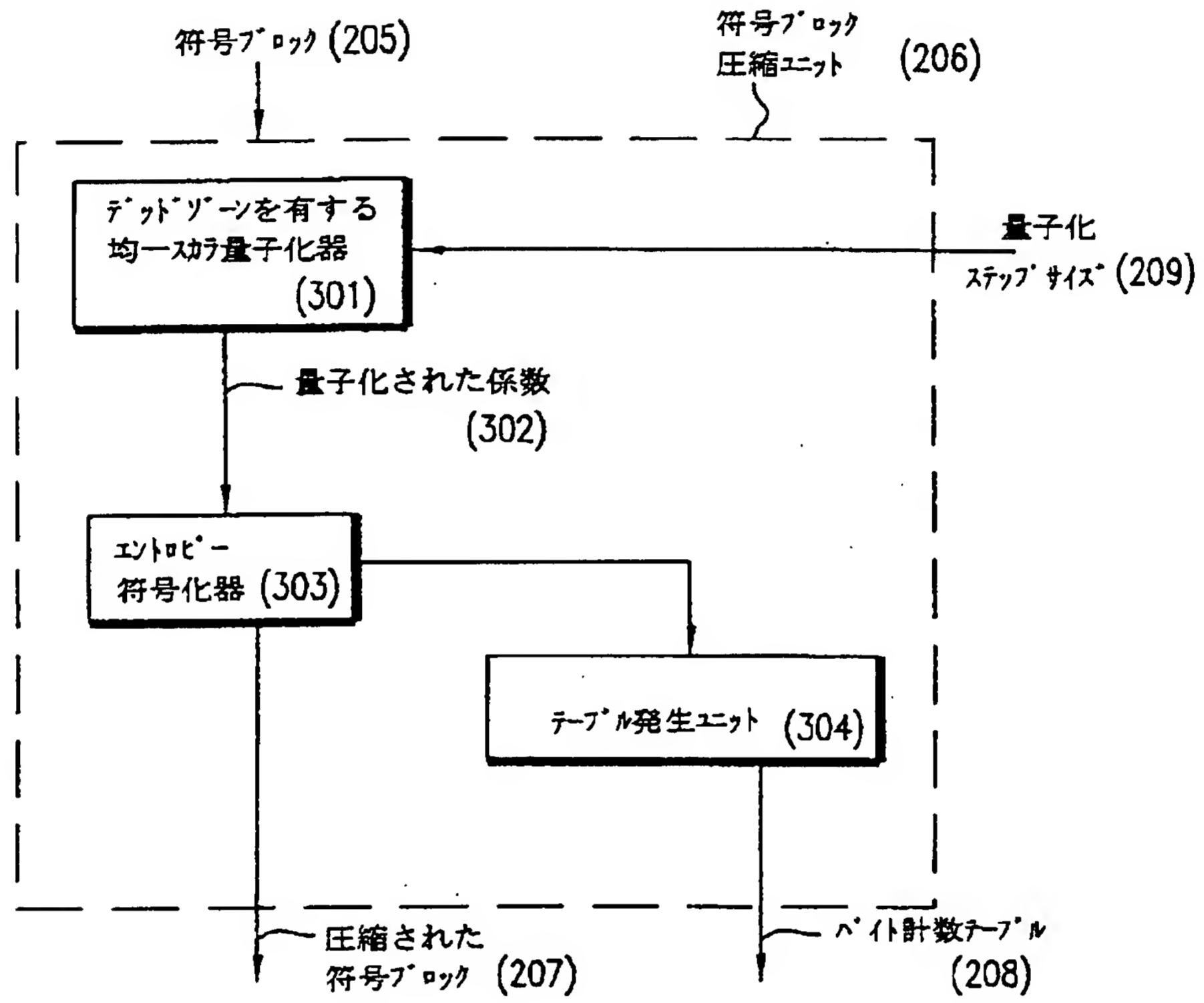
【図2】



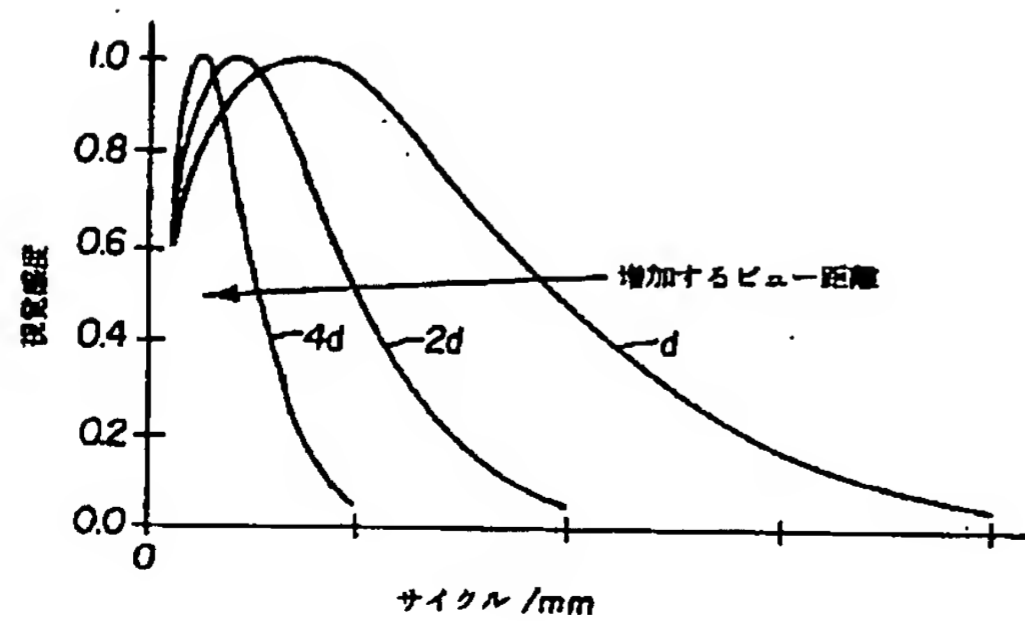
【図4B】



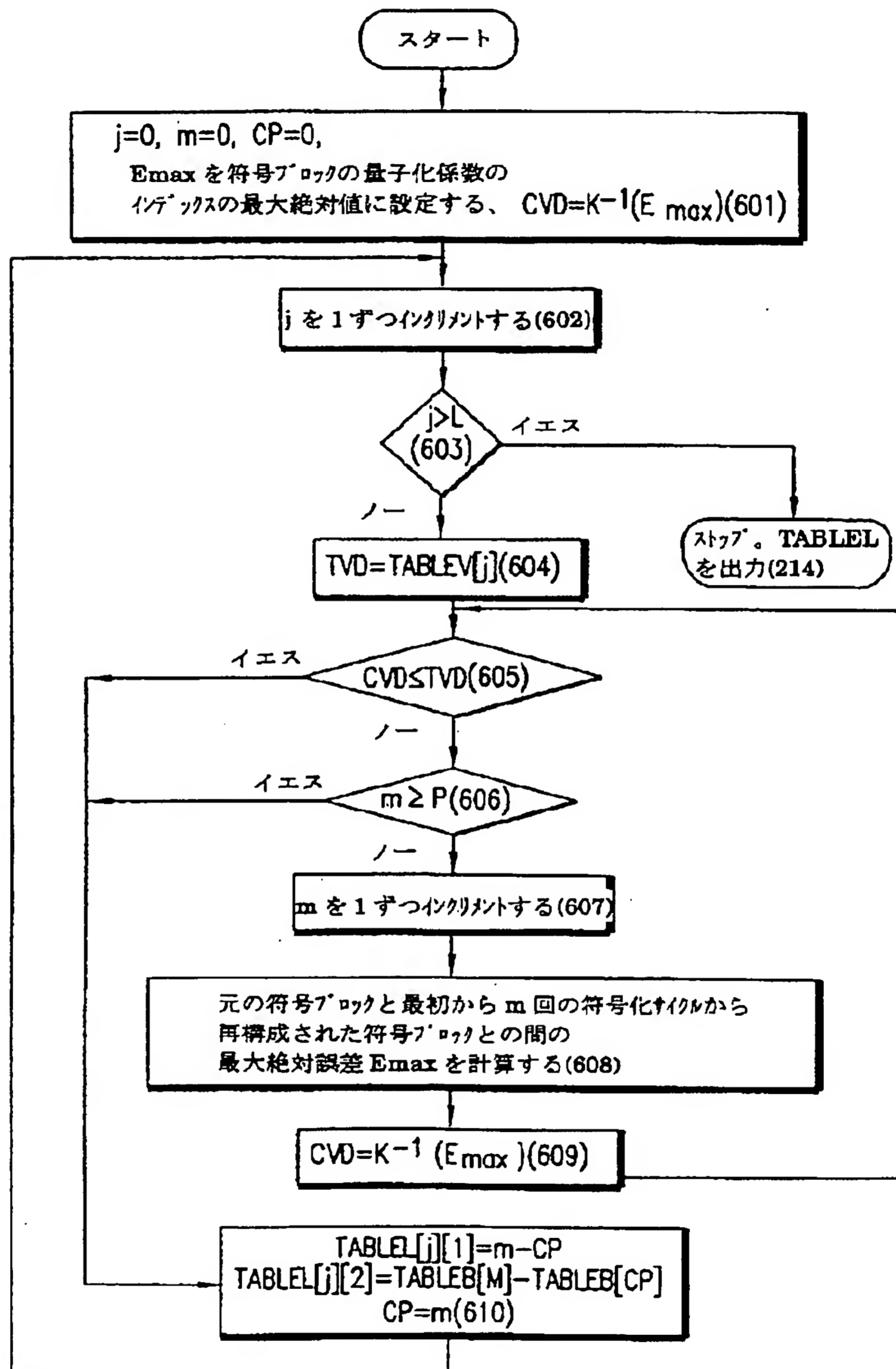
【図3】



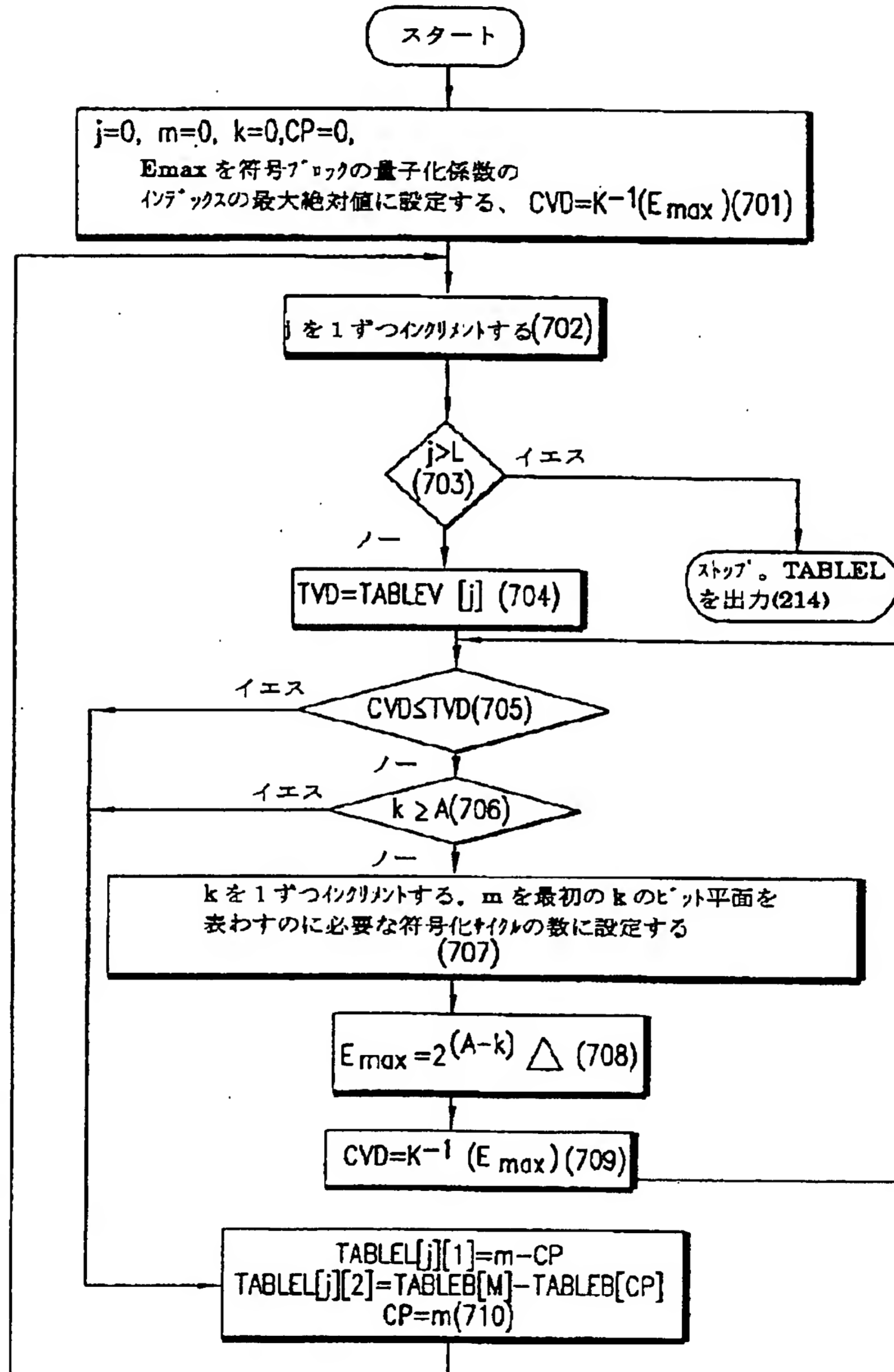
【図5】



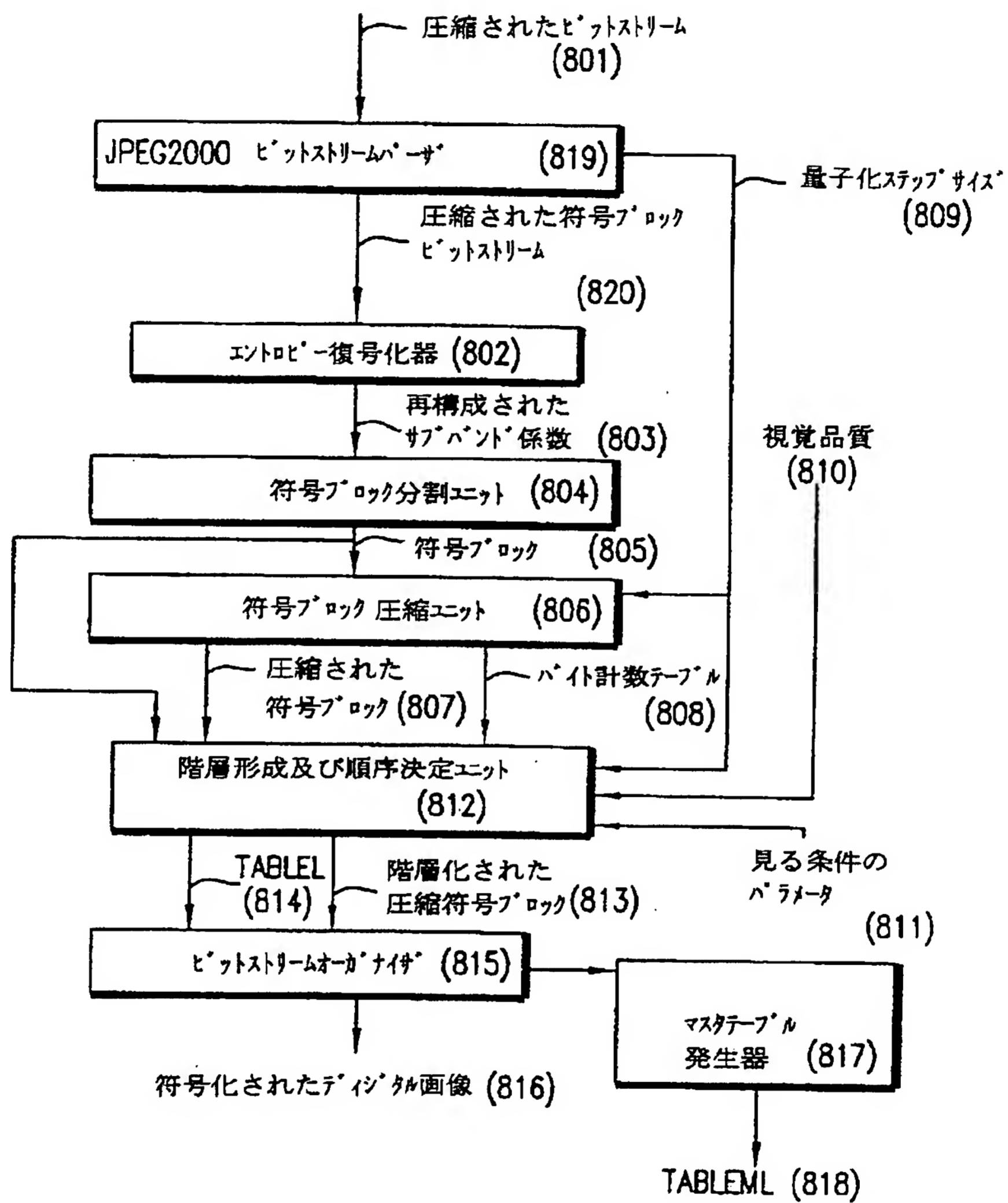
【図6】



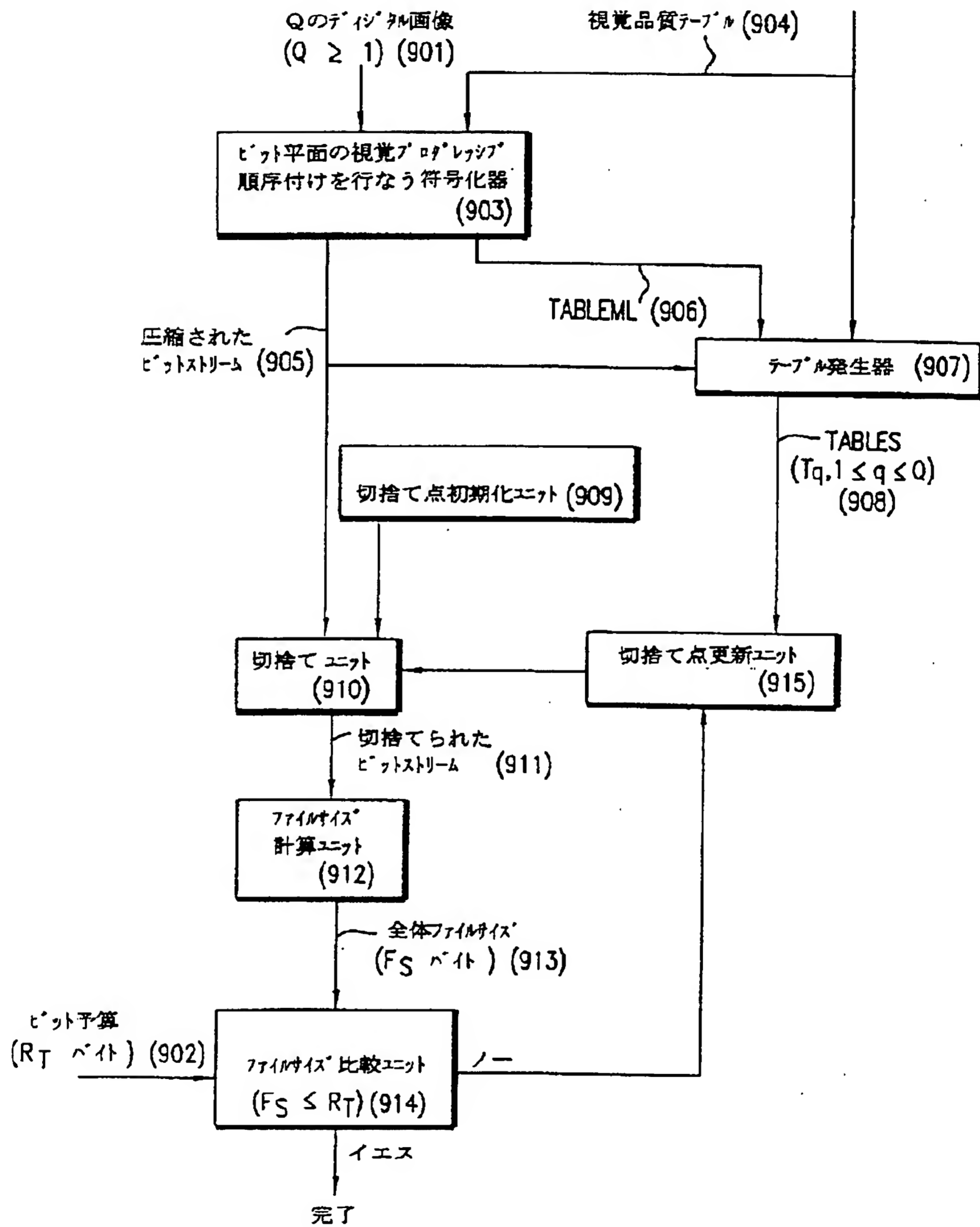
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5C059 KK01 MA00 MA24 MA34 MC11  
MC38 ME11 PP15 PP16 UA02  
UA15  
5C078 AA04 BA53 BA64 CA01 DA01  
DB19  
5J064 AA01 BA09 BC01 BC11 BC16